



APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA AUTOMATIZAÇÃO DE DETALHAMENTO DE NÓS E DETERMINAÇÃO DE QUANTITATIVOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Leonardo Rodrigues Fernandes ⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Bolsista voluntário do programa PROVIC/CNPq.

Gustavo Paiva Weyne Rodrigues ⁽²⁾

Engenheiro Civil. Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Prudêncio Furtado, 599 – Monte Castelo - Ubajara - CE - CEP: 62.350-000 - Brasil - Tel: +55 (88) 99377-7806 - e-mail: engleorf123@gmail.com.

RESUMO

Vários processos são necessários para o desenvolvimento de um projeto de rede de distribuição de água. Dentre estes processos citam-se os de detalhamento das conexões e de levantamento de quantitativos de tubos e peças que serão utilizados na execução da rede. Esta etapa consiste em considerar quais peças serão empregadas nos encontros de tubulações, inclusive com variação de diâmetros e, também, para se obter a quantidade total de peças e tubos de determinados diâmetros, o que auxilia na aquisição destes insumos. Este trabalho busca automatizar o detalhamento de nós coerente e um quantitativo real para a análise. Os estudos de caso de projetos reais analisados com o modelo computacional proposto, denominado NUPERSANET-DET, acarretaram resultados semelhantes. O aplicativo computacional proposto dispõe, ainda, de um módulo com memória de cálculo e um orçamento que pode ser utilizado como base para implementação de um orçamento mais completo do empreendimento. Os índices de similaridade entre o detalhamento do NUPERHSANET-DET e dos projetos reais foram de aproximadamente 93,5%, indicando um adequado desempenho e uma considerável proximidade com a realidade.

PALAVRAS-CHAVE: Redes de distribuição de água, detalhamento de peças de redes de distribuição de água, orçamento em redes de distribuição de água.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água (SAA) é uma infraestrutura necessária para o abastecimento de populações em quantidade, qualidade, pressão e vazão adequadas para o consumo, sendo constituídos de unidades de captação, estação de tratamento, adutoras, reservatórios e redes de distribuição (FURTADO JUNIOR; SILVA, 2015).

Em grandes obras de abastecimento de água, o componente mais extenso e oneroso é a rede de distribuição de água (RDA), constituindo mais de 50% do custo de implantação do SAA (HELLER; PÁDUA, 2016). De acordo com ABNT (2017), a RDA é a unidade do SAA constituída de tubulações, componentes e equipamentos acessórios, destinada a disponibilizar água potável aos consumidores. É constituída, basicamente, por tubos e conexões que transportam a água pelas vias públicas até às unidades consumidoras.

A realização de uma obra de RDA agrega muitos benefícios, haja vista a valorização da região beneficiada e contribuição expressiva com a saúde e bem-estar da população. Portanto, é essencial que um projeto de RDA seja aprimorado para que se alcancem mais pessoas e localidades (COSTA, 2010). De acordo com IBGE (2019), estima-se que em 2017 no Brasil cerca de 90% da população urbana possuía acesso à água por meio da RDA, com aproximadamente 71 milhões de ligações ativas.

Em redes de distribuição de água, os materiais mais utilizados são o PVC e o ferro fundido. O material é escolhido levando em consideração exigências de projeto, tais como: pressão, vazão e análise econômica (BARROS *et al.*, 1995).

Para orçar os elementos e serviços de uma RDA, devem-se detalhar os nós da rede para determinar a conexão ideal formada por peças de diferentes angulações, as quais permitem vencer as diversas geometrias das vias

públicas. Além do detalhamento, necessita-se quantificar as peças e tubulações a serem utilizadas, no entanto, este processo pode levar horas de trabalho manual repetitivo, o que pode ocasionar erros.

Geralmente, para dimensionar as redes de distribuição, utilizam-se simuladores hidráulicos, como o *Epanet*. Este *software* gratuito possui código-fonte livre e um conjunto de ferramentas, as quais permitem criações de programas utilizando as funções nativas deste.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada consiste em desenvolver um aplicativo computacional, denominado NUPERHSANET-DET, com base nas principais funções do *toolkit* utilizado no programa EPANET, sendo que a linguagem de programação adotada para a concepção do algoritmo foi C# com a IDE (*Integrated Development Environment*) do *Visual Studio*, disponibilizado pela *Microsoft*.

Para a utilização plena das funções do EPANET no aplicativo desenvolvido foi necessário adicionar o arquivo contendo a DLL (*Dynamic-Link Library*) dele, o qual é denominado como EPANET2.DLL e é adicionada por meio da classe EPANET contida no arquivo EPANETCSharpLibrary.cs, que pode ser obtido gratuitamente com o *toolkit* do EPANET, disponibilizado por Salomons (2014). Para auxiliar na implementação do código, foi inserido o arquivo EPANET2_ENUMS.cs ao programa, um arquivo contendo todas as constantes com os códigos referentes às funções do EPANET.

De início, foi implementado o código responsável por importar o arquivo de entrada oriundo do EPANET do tipo *.inp*, que pode ser obtido mediante a função *Export – Network*. Para importar o arquivo de input, é necessário utilizar a função *ENopen* (**int ENopen(string input_file, string report_file, string output_file);**), em que o primeiro parâmetro recebe como argumento o arquivo de input tipo *.inp*, o segundo recebe um possível relatório de erros de análise e o terceiro recebe um arquivo binário opcional, que neste programa não foi utilizado. Em seguida, o código avalia o arquivo em busca de irregularidades na análise, como: nós sem tubos conectados e nós com mais de quatro tubulações. Caso seja detectada qualquer irregularidade, o programa exibe uma mensagem de erro e orienta tentar novamente após corrigir o arquivo para que se adeque às especificações do aplicativo. Se o arquivo estiver de acordo com as especificações, o programa exibe as informações de quantidades de tubos, nós e reservatórios da RDA e, também, permite que o usuário prossiga com a análise.

Para se obter os dados referentes às quantidades de nós, tubos e reservatórios, foi necessário o uso da função *ENgetcount*, em que o primeiro parâmetro recebe o código referente ao que se deseja quantificar e o segundo argumento recebe a variável que vai armazenar o dado obtido. Como conexões e reservatórios são classificados como junções de acordo com o EPANET, para se determinar a quantidade efetiva de nós é necessário subtrair a quantidade total de nós da quantidade total de reservatórios.

A análise do aplicativo divide-se em três etapas principais: detalhamento dos nós, levantamento de quantitativos de tubos e conexões e elaboração da memória de cálculo e orçamento.

2.1 PRIMEIRA ETAPA: DETALHAMENTO DOS NÓS

Para a análise e detalhamento das conexões de redes de distribuição de água, são necessários dados referentes aos nós e tubos da rede. Para obter os índices dos nós que compõem cada um dos tubos da RDA, foi utilizada a função *ENgetlinknodes*, que recebe três argumentos, sendo o primeiro referente ao índice do tubo, o segundo referente à variável de saída que receberá o nó inicial e o terceiro à variável que receberá o nó final do tubo.

Estes argumentos são armazenados em duas listas que servem como controle de uma estrutura de repetição do tipo *for* que avalia o índice e captura as coordenadas x e y de cada nó. Também foi utilizada a função *ENgetlinkvalue*, que também recebe três argumentos, sendo o primeiro referente ao índice do tubo, o segundo referente ao código do parâmetro desejado e o terceiro, à variável de saída que receberá o valor, sendo o código utilizado igual a 0, equivalente ao código dos diâmetros dos tubos, que são armazenados em uma lista para utilização futura.

Para obter os dados referentes aos nós da RDA, foi utilizada a função *ENgetcoord*, a qual recebe três argumentos, sendo o primeiro referente ao índice do nó, o segundo referente à coordenada x e o terceiro à coordenada y de cada nó, que são armazenados em duas listas que têm os parâmetros analisados em uma estrutura de repetição do tipo *for* por uma condição do tipo *if*, em que cada índice de nó é avaliado para se determinar quais tubos iniciam e encerram neste nó e, também, em quantos tubos o nó avaliado faz-se presente.

Em seguida, mediante uma estrutura de repetição do tipo *for*, cada nó é avaliado para se determinar os demais nós adjacentes que se conectam a este por meio de tubulações. Posterior a este processo, as coordenadas do nó correspondente ao índice avaliado e dos adjacentes são obtidas e utilizadas como parâmetros para execução de uma função capaz de calcular as angulações entre as tubulações. A Figura 1 aponta um exemplo de nó avaliado e os adjacentes.

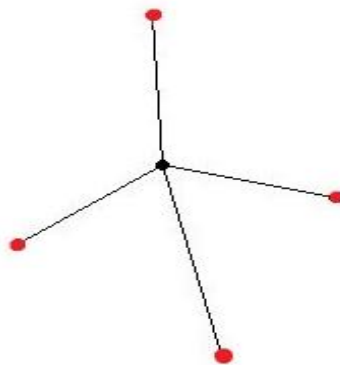


Figura 1: Nó avaliado (cor preta) conectado por tubulações aos nós adjacentes (cor vermelha)

Fonte: Própria (2022).

Foi criada uma função para acessar as coordenadas de cada nó conectado ao nó que está sendo avaliado para utilizá-las como parâmetro e, assim, calcular as posições e respectivas angulações entre os nós.

Como a função *ENgetcount* recebe como primeiro argumento a constante *EPANET_Const.EN_NODECOUNT*, esta armazena todos os tipos de junções. Porém, o interesse real da análise está apenas em junções do tipo nó ou conexão, sendo, portanto, utilizada a função *ENgetnodetype* que recebe dois argumentos, sendo o primeiro referente ao índice da junção e o segundo referente à variável de saída que armazenará o valor do parâmetro que indica qual o tipo de junção, sendo contabilizados apenas as junções que apresentam o código igual a 0, equivalente ao código de junções tipo nó ou conexão.

As peças utilizadas na análise dos nós e inseridas no detalhamento são: cruzetas, tês, junções, curvas, CAPs e reduções. Os diâmetros nominais adotados foram: 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400 e 500 mm, obtidos por meio da tabela de diâmetros apontados em Martins (1976 apud TSUTIYA, 2006).

As cruzetas são utilizadas para nós que fazem parte de 4 tubos, os tês e junções são utilizados para nós que fazem parte de 3 tubos, sendo que as junções são utilizadas quando um dos tubos tem angulação aproximadamente de 45° com os demais. As curvas são utilizadas para nós que compõem 2 tubos, variando nas angulações usuais de 11°15', 22°30', 45° e 90°.

Quando duas tubulações de diâmetros distintos se encontram em um nó, a determinação do diâmetro da curva é realizada mediante a análise do fluxo (vazão) que passa entre os trechos. Se o fluxo de água passa da tubulação de menor para a tubulação de maior diâmetro, a peça terá diâmetro igual ao menor diâmetro. Caso contrário, ou seja, se o fluxo de água passa do maior diâmetro para o menor, a peça terá diâmetro igual ao maior diâmetro.

Para a análise do fluxo foi utilizada a função *ENSolveH*, que não recebe argumentos, mas executa a simulação hidráulica da RDA, o que possibilita avaliar o fluxo de água por intermédio de outra função do EPANET, a *ENgetlinkvalue*.

Quando a vazão passa pelo tubo, esta pode apresentar um valor positivo ou negativo. Se o fluxo está no sentido do nó inicial para o nó final o valor é positivo, caso contrário será negativo. As duas tubulações que são conectadas pelo nó avaliado têm, então, os valores de fluxo armazenados e comparados em módulo. O

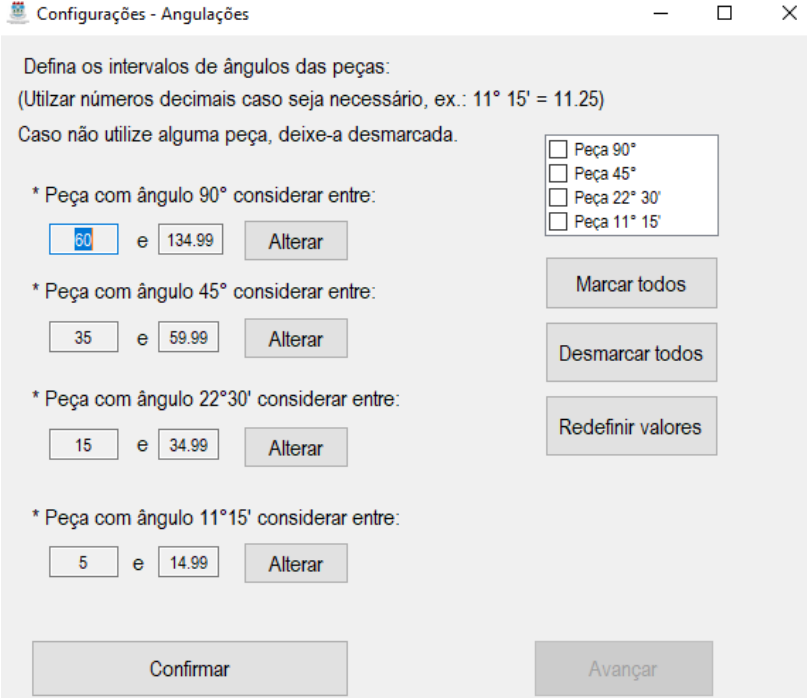
tubo com a vazão positiva é o qual o nó avaliado está como nó inicial, o contrário vale para o tubo com a vazão negativa.

A determinação do fluxo é a diferença da vazão nas tubulações, pois como há demanda de vazão (consumo base) hipoteticamente na conexão, esta demanda é subtraída da vazão de montante, obtendo-se a vazão de jusante. O diâmetro adotado para a peça será igual ao diâmetro do tubo que apresenta a maior vazão em módulo.

Os CAPs são utilizados em nós com ponta seca, ou seja, que encerram o trecho e não se conectam com outro tubo. As reduções são utilizadas quando há disparidade dos diâmetros nos tubos que se encontram em um nó, necessitando-se que estas peças sejam encaixadas para formar a conexão entre os diferentes diâmetros. As reduções variam entre DN 75x50, DN 100x50, DN 100x75, DN 150x50, DN 150x75, DN 150x100, DN 200x150, DN 200x100, DN 250x200, DN 250x150, DN 300x150, DN 300x250, DN 300x200, DN 400x250, DN 400x300 e DN 500x400.

As tubulações podem apresentar-se com curvas que podem ter angulações diferentes das especificadas para as peças, o que não impossibilita que a ligação entre os tubos ocorra. Geralmente, adota-se uma margem de até 10° (para menos ou para mais) de diferença para uma determinada conexão, por exemplo: uma curva de 45° atende às angulações que variam de 35° a 55°. Mas, há casos em que as curvas, mesmo com a margem de 10°, não conseguem atingir as angulações necessárias ao traçado. Quando essa situação ocorre, é necessário o uso de combinações de peças, buscando sempre àquela que forneça a menor perda de carga localizada e o menor custo de implantação.

O NUPERHSANET-DET dispõe de uma aba que permite a calibragem dos ângulos das peças de acordo com a necessidade do projetista, como pode ser visualizado na figura 2.



Configurações - Angulações

Defina os intervalos de ângulos das peças:
(Utilizar números decimais caso seja necessário, ex.: 11° 15' = 11.25)

Caso não utilize alguma peça, deixe-a desmarcada.

* Peça com ângulo 90° considerar entre:
60 e 134.99 Alterar

* Peça com ângulo 45° considerar entre:
35 e 59.99 Alterar

* Peça com ângulo 22°30' considerar entre:
15 e 34.99 Alterar

* Peça com ângulo 11°15' considerar entre:
5 e 14.99 Alterar

Peça 90°
 Peça 45°
 Peça 22° 30'
 Peça 11° 15'

Marcar todos
Desmarcar todos
Redefinir valores

Confirmar Avançar

Figura 2: Tela de calibragem das angulações do NUPERHSANET-DET

Fonte: Própria (2022).

As figuras 3 e 4 representam o fluxograma do algoritmo proposto para realização da primeira etapa.

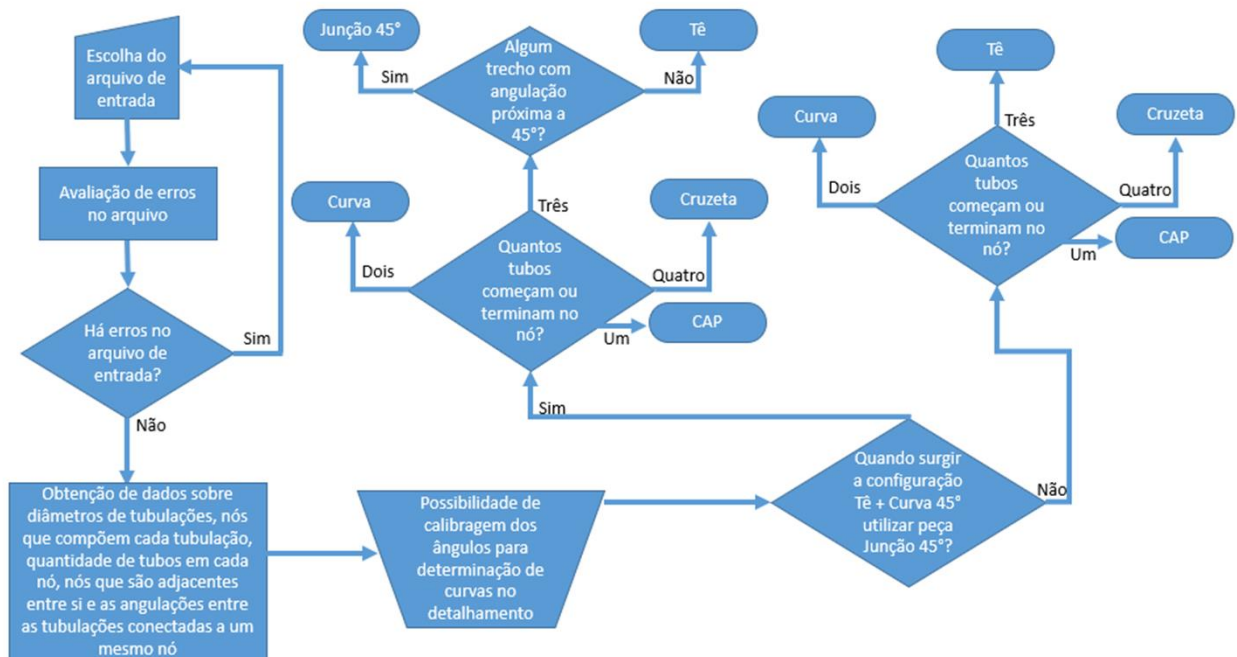


Figura 3: Fluxograma simplificado do algoritmo para determinação das conexões principais dos nós da RDA.

Fonte: Própria (2022).

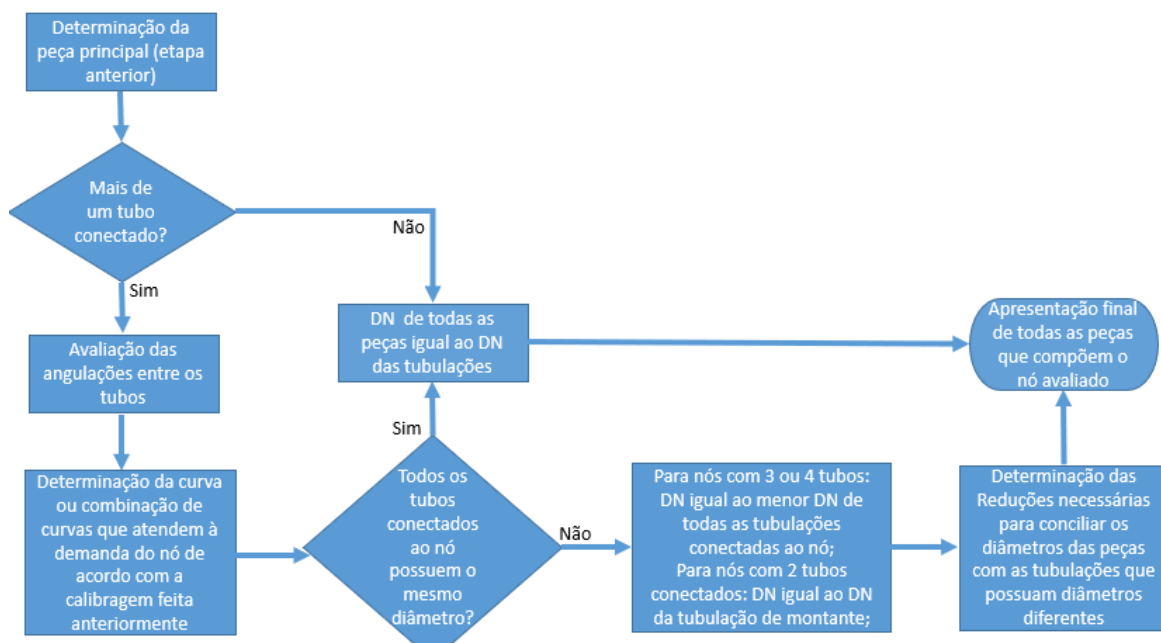


Figura 4: Fluxograma simplificado do algoritmo para determinação das conexões secundárias dos nós da RDA.

Fonte: Própria (2022).

2.2 SEGUNDA ETAPA: QUANTITATIVOS DE TUBOS E CONEXÕES

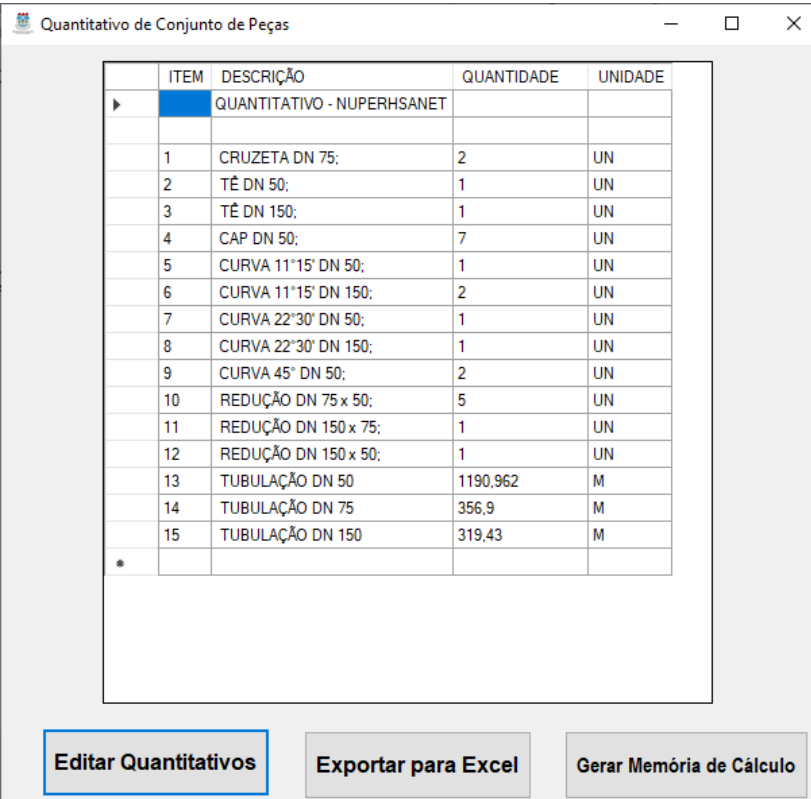
No que se refere ao levantamento da quantidade de tubos, foi utilizada a função *ENgetlinkvalue* com o código de parâmetro igual a 1, referente à extensão do trecho. Com o auxílio de estruturas de repetições tipo *for* e

condicionais do tipo *if e else*, os comprimentos foram armazenados em variáveis contadoras, separando-os por diâmetro.

Para obter a quantidade de peças, foram criadas variáveis contadoras para cada peça com cada diâmetro, que são acrescidas de uma unidade a cada ocorrência da peça no detalhamento, pois o algoritmo que determina o quantitativo foi implementado junto ao algoritmo do detalhamento, o que faz com que as duas análises sejam simultâneas e céleres.

A contagem de peças de forma manual requer que o responsável por tal função tenha uma organização adequada durante o processo, pois é necessário que se analisem os detalhamentos dos nós e o traçado da rede, anotando-se as conexões utilizadas e diferindo-as de acordo com os diâmetros e angulações formadas, sendo um processo repetitivo e que exige precisão de quem o executa. O modelo integrado ao NUPERHSANET-DET analisa e conta todas as conexões e tubulações de forma precisa e automática, evitando erros e reduzindo consideravelmente o tempo demandado.

Ao fim da análise, o aplicativo apresenta uma tabela contendo a descrição de cada conexão, a respectiva quantidade e a unidade. A Figura 5 exibe a aba correspondente ao quantitativo de peças e tubulações.



ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
	▶ QUANTITATIVO - NUPERHSANET		
1	CRUZETA DN 75;	2	UN
2	TÉ DN 50;	1	UN
3	TÉ DN 150;	1	UN
4	CAP DN 50;	7	UN
5	CURVA 11°15' DN 50;	1	UN
6	CURVA 11°15' DN 150;	2	UN
7	CURVA 22°30' DN 50;	1	UN
8	CURVA 22°30' DN 150;	1	UN
9	CURVA 45° DN 50;	2	UN
10	REDUÇÃO DN 75 x 50;	5	UN
11	REDUÇÃO DN 150 x 75;	1	UN
12	REDUÇÃO DN 150 x 50;	1	UN
13	TUBULAÇÃO DN 50	1190,962	M
14	TUBULAÇÃO DN 75	356,9	M
15	TUBULAÇÃO DN 150	319,43	M
*			

Buttons: Editar Quantitativos, Exportar para Excel, Gerar Memória de Cálculo

Figura 5: Tela referente ao quantitativo de peças e tubulações.

Fonte: Própria (2022).

O fluxograma do algoritmo proposto para realização da segunda etapa está representado na figura 6.

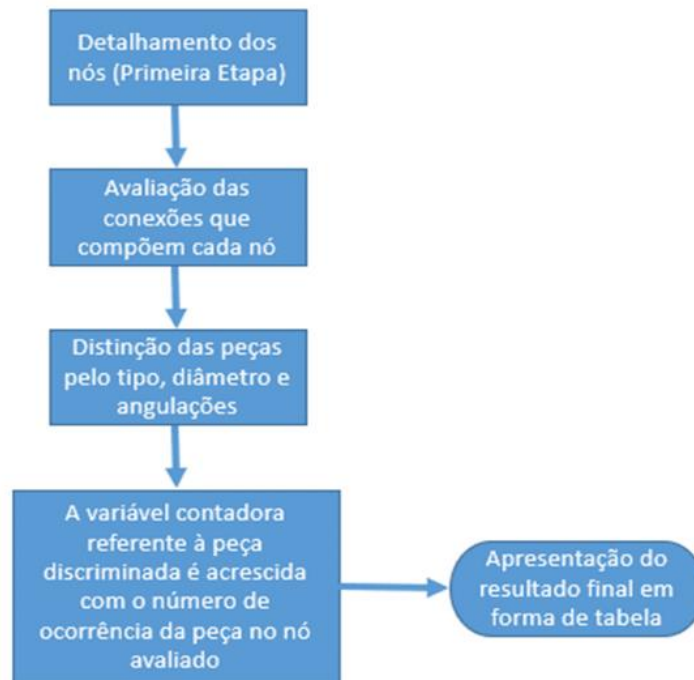


Figura 6: Fluxograma simplificado do algoritmo do modelo proposto.

Fonte: Própria (2022).

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Foram utilizadas duas redes de distribuição de água reais como estudos de caso do aplicativo. Foi considerado como estudo de caso 1 uma RDA real localizada em Aquiraz/CE oriunda de WS Consultoria (2014), apresentada na figura 7. Esta rede possui 16 trechos, 16 nós e 1 reservatório de nível fixo, com diâmetros variando de 50 a 150 mm.

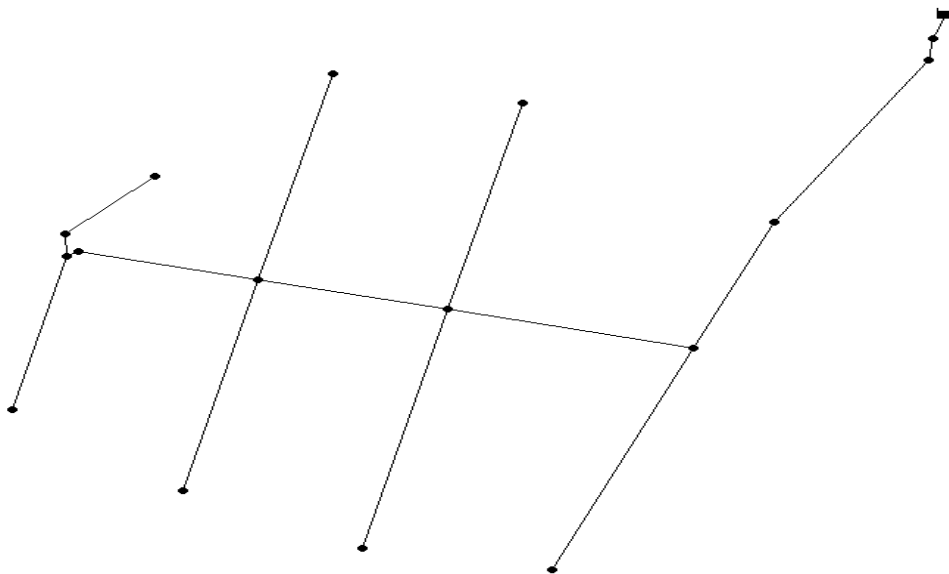


Figura 7: RDA real do estudo de caso 1.

Fonte: WS Consultoria (2014).

Como segundo estudo de caso, foi utilizada uma RDA real projetada por Vital Júnior (2018), localizada em São Benedito/CE, conforme ilustra a Figura 12. Esta rede possui 23 trechos, 15 nós e 1 reservatório de nível fixo, com diâmetros variando de 50 a 100 mm.

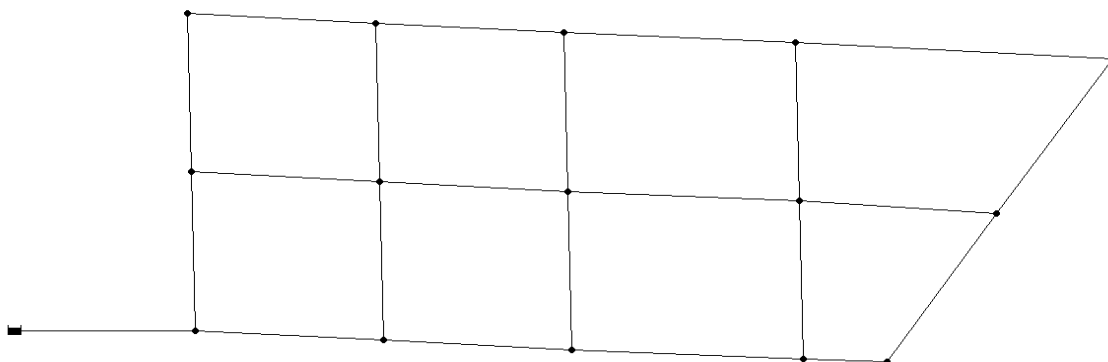


Figura 12: RDA real do estudo de caso 2.

Fonte: Vital Júnior (2018).

Após a execução do modelo NUPERHSANET-DET, foram listadas as conexões para os dois estudos de caso e foram efetuados os comparativos referentes aos detalhamentos, os quais podem ser visualizados nas Tabela 1 e 2.

Tabela 1: Comparativo dos detalhamentos das conexões para o estudo de caso 1.

Nó	Conexões do Estudo de Caso 1	Conexões do NUPERHSANET-DET
1	1 CAP DN 50 mm	Idem ao projeto real
2	1 TÊ DN 50 + 2 CURVA 45° DN 50	1 TÊ DN 50 + 1 CURVA 11°15' DN 50 + 1 CURVA 22°30' DN 50
3	1 CURVA 45° DN 50 + 1 REDUÇÃO DN 75X50	Idem ao projeto real
4	1 CRUZETA DE REDUÇÃO DN 75X50	Idem ao projeto real
5	1 CRUZETA DE REDUÇÃO DN 75X50	Idem ao projeto real
6	1 TÊ DE REDUÇÃO DN 150X75 + 1 REDUÇÃO 150X100 + 1 REDUÇÃO 100X50	1 TÊ DN 50 + 1 REDUÇÃO DN 75X50 + 1 REDUÇÃO DN 150X50
7	Sem conexão	Idem ao projeto real
8	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real
9	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real
10	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real
11	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real
12	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real
13	1 CURVA 45° DN 150	1 CURVA 22°30' DN 150
14	Sem conexão	1 CURVA 11°15' DN 150
15	RESERVATÓRIO	Idem ao projeto real
16	1 CURVA 45° DN 50	Idem ao projeto real
17	1 CAP DN 50	Idem ao projeto real

Fonte: Própria (2022).

Tabela 2 - Comparativo dos detalhamentos das conexões para o estudo de caso 2.

Nó	Conexões do Estudo de Caso 2	Conexões do NUPERHSANET-DET
1	1 TÊ DE REDUÇÃO DN 100X50 + 1 REDUÇÃO DN 100X50	1 TÊ DN 100 + 2 REDUÇÃO DN 100X50
2	RESERVATÓRIO	Idem ao projeto real
3	1 CRUZETA DN 50	Idem ao projeto real
4	1 CRUZETA DN 50	Idem ao projeto real

5	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
6	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
7	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
8	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
9	1 CURVA 90° DN 50	Idem ao projeto real
10	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
11	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
12	1 TÊ DN 50	Idem ao projeto real
13	1 CRUZETA DN 50	Idem ao projeto real
14	1 TÊ DN 50 + 1 CURVA 45° DN 50	1 TÊ DN 50 + 1 CURVA 22°30' DN 50
15	1 CURVA 90° DN 50 + 1 CURVA 22°30' DN 50	1 CURVA 90° DN 50 + 1 CURVA 45° DN 50
16	1 CURVA 45° DN 50	Idem ao projeto real

Fonte: Própria (2022).

As análises obtidas pelo modelo computacional e pelos projetistas apresentaram divergências entre si, no entanto, do ponto de vista prático, os detalhamentos produzidos pelo programa apresentaram, ainda assim, conexões condizentes com as necessidades dos nós. As divergências que ocorreram em alguns nós são devido às seguintes situações: adoção dos diâmetros das conexões por outro critério; adoção de uma peça de angulação que não condiz com a angulação dos trechos, mas que pode ser utilizada com técnicas de manejo na execução da obra; critério do projetista.

É de suma importância destacar a minimização do tempo utilizando o NUPERHSANET-DET para obter o detalhamento de uma RDA, haja vista que quanto mais complexo o traçado, mais tempo é demandado para o projetista, podendo levar horas de trabalho. Por meio de entrevistas com os responsáveis técnicos dos dois estudos de caso, foram obtidos dados referentes ao tempo gasto em cada etapa do detalhamento, obtendo uma média de 45 minutos (47 min do Estudo de Caso 1 e 43 min do Estudo de Caso 2), ao passo que a análise do NUPERHSANET-DET, com todos os processos integrados, apresentou um tempo de análise e processamento em menos de 2 minutos de duração. Comparando-se as médias de tempo para o desenvolvimento dos detalhamentos dos dois estudos de caso com as médias do NUPERHSANET-DET, obteve-se um valor de 1,5%.

3.2 RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

As Tabelas 3 e 4 apresentam o comparativo entre os quantitativos dos estudos de caso 1 e 2 e do NUPERHSANET-DET, respectivamente.

Tabela 3: Comparativo entre os quantitativos do estudo de caso 1 e NUPERHSANET-DET.

Conexão	Quantidade	
	Estudo de caso 1	NUPERHSANET-DET
Cruzeta de redução DN 75 x 50	2	Idem ao projeto real
Tê DN 50	1	Idem ao projeto real
Tê de redução DN 100 x 75	1	0
Tê DN 150	0	1
Curva 45° DN 50	4	2
Curva 45° DN 150	1	0
Curva 22°30' DN 50	0	1
Curva 22°30' DN 150	0	1
Curva 11°15' DN 50	0	2
Curva 11°15' DN 150	0	1
CAP DN 50	7	Idem ao projeto real
Redução DN 150 x 50	0	1

Redução DN 150 x 100	1	0
Redução DN 100 x 50	1	0
Redução DN 75 x 50	1	Idem ao projeto real

Fonte: Própria (2022).

Tabela 4 - Comparativo dos detalhamentos obtidos do estudo de caso 2 e NUPERHSANET-DET.

Conexão	Quantidade	
	Estudo de caso 2	NUPERHSANET-DET
Tê de redução DN 100 x 50	1	0
Tê DN 100	0	1
Cruzeta DN 50	3	Idem ao projeto real
Tê DN 50	8	Idem ao projeto real
Curva 90° DN 50	2	Idem ao projeto real
Curva 45° DN 50	2	Idem ao projeto real
Curva 22°30' DN 50	1	Idem ao projeto real
Redução DN 100 x 50	0	2

Fonte: Própria (2022).

Os quantitativos obtidos com o NUPERHSANET-DET foram destoantes em alguns aspectos, pois são análises distintas e é comum que algumas escolhas de conexões feitas pelo responsável técnico do projeto sejam diferentes das escolhas do NUPERHSANET-DET. O traçado da RDA real do estudo de caso 1 é mais complexo que o traçado do estudo de caso 2, o que denota que quanto mais complexo for o traçado, maior o leque de possibilidades que atendam o mesmo propósito.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que em relação aos estudos de caso 1 e 2, os índices de similaridade entre o detalhamento do NUPERHSANET-DET e dos projetos reais foram de aproximadamente 90% e 97%, respectivamente, indicando um adequado desempenho e uma considerável proximidade com a realidade. Pode-se concluir, então, que o programa é válido e que poderá ser utilizado em projetos de qualquer RDA.

Convém salientar que a disposição de peças em uma RDA é um atributo do projetista, no qual devem ser avaliados diversos fatores como largura e disposição das ruas, disponibilidade de peças no mercado, minimização de custos e o funcionamento pleno do sistema, com a menor perda de carga possível.

O NUPERHSANET-DET dispõe de um módulo adicional de memória de cálculo e orçamento integrados o que torna possível a utilização destes como base para documentos elaborados com maior rigor, caso seja necessário. O aplicativo desenvolvido encontra-se sob constante implementação de funcionalidades, revisões e testes com o intuito de aperfeiçoar os processos de análise.

O aplicativo proposto pode ser utilizado para auxiliar projetistas de redes de distribuição de água de quaisquer localidades, com processos automatizados que economizam tempo em detalhamento de conexões e tubulações da rede e quantificação de tais peças e tubulações. Projetos mais complexos como municípios, grandes regiões e regiões com muitas curvas têm seus tempos de análise manual aumentados consideravelmente, pois há um demasiado aumento na quantidade de nós e na complexidade do detalhamento destes.

Para o modelo computacional proposto, sugere-se uma interação com um aplicativo de plataforma CAD (*Computer Aided Design*) para inserção automática das peças obtidas a partir da análise do NUPERHSANET-DET no modelo gráfico de detalhamento dos nós no traçado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
2. BARROS, Raphael T. de V. et alii. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios,2).
3. COSTA, Kleber Elias. OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM AMBIENTE SIG. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
4. FURTADO JUNIOR, Paulo Cesar; SILVA, Victor José Martins da. REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO DA SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE FIBROCIMENTO DA RUA PROFESSOR OLINTO EM CARATINGA - MG. 2015. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2015.
5. HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. 3. ed. Belo Horizonte: Ufm, 2016. 2 v.
6. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Um em cada três domicílios não tinha ligação com rede de esgoto em 2019. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27597-um-em-cada-tres-domicilios-nao-tinha-ligacao-com-rede-de-esgoto-em-2019#:~:text=Dos%2072%2C4%20milh%C3%B5es%20de,geral%20de%20abastecimento%20de%20C3%A1gua.&text=J%C3%A1%20no%20que%20diz%20respeito,2019%3A%2084%2C4%25>. Acesso em: 21 mar. 2021.
7. SALOMONS, Elad. EPANET class for C#. 2014. Disponível em: <http://www.water-simulation.com/wsp/2014/02/25/epanet-class-for-c-sharp/>. Acesso em: 15 ago. 2021.
8. TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. XIII - 643 p.
9. VITAL JÚNIOR, José Auricélio. Projeto da rede de distribuição de água do loteamento Alvorada. São Benedito, 2018.
10. WS CONSULTORIA. Projeto da rede de distribuição de água do distrito de João de Castro (Aquiraz/CE). Fortaleza, 2014.